

# 变速器

变速器是能固定或分档改变输出轴和输入轴传动比的齿轮传动装置，又称变速箱。变速器由传动机构和变速机构组成，可制成单独变速机构或与传动机构合装在同一壳体内。传动机构大多用普通齿轮传动，也有的用行星齿轮传动。普通齿轮传动变速机构一般用滑移齿轮和离合器等。滑移齿轮有多联滑移齿轮和变位滑移齿轮之分。用三联滑移齿轮变速，轴向尺寸大；用变位滑移齿轮变速，结构紧凑，但传动比变化小。离合器有啮合式和摩擦式之分。用啮合式离合器时，变速应在停车或转速差很小时进行；用摩擦式离合器可在运转中任意转速差时进行变速，但承载能力小，且不能保证两轴严格同步。为克服这一缺点，在啮合式离合器上装上摩擦片，变速时先靠摩擦片把从动轮带到同步转速后再进行啮合。行星齿轮传动变速器可用制动器控制变速。变速器广泛用于机床、车辆和其他需要变速的机器上。机床主轴常装在变速器内，所以又叫主轴箱，其结构紧凑，便于集中操作。在机床上用以改变进给量的变速器称为进给箱。

汽车变速器是通过改变传动比，改变发动机曲轴的扭力，适应在起步、加速、行驶以及克服各种道路阻碍等不同行驶条件下对驱动车轮的牵引力及车速的不同需要。通俗上分为手动变速器(MT)，自动变速器(AT)，手动/自动变速器，无级式变速器。汽车变速器一般由前箱体和后箱体组成。

变速器是汽车传动系中最主要的部件之一。

变速器的发展随着汽车产量的小幅增长，2012年中国汽车变速器需求量也将出现上涨，涨幅大约在6%左右。其中手动变速器的需求量将同比增长2.62%左右，自动变速器的需求量增长幅度则在10%以上，自动变速器的配套比例进一步上升。

目前中国自动变速器仍然主要应用于乘用车市场。2012年中国自动变速器在乘用车市场的配套率从2011年的41%增长至43%，预计2015年将增长至47%。从类型来看，目前中国乘用车自动变速器以AT为主流，2012年中国上市销售的主要自主品牌中高级乘用车几乎全部采用了国外供应商所提供的AT变速器。同时，在博格华纳等企业形成的产业联盟带动下，投产DCT的企业也逐渐增多，未来有望成为主流。目前中国从事自动变速器生产的企业共有20多家，根据这些企业的已建产能和在建产能统计，2015年中国自动变速器产能将达到775万台，其中AT为263万台，占比33.9%；DCT产能占比为43.9%；而CVT、AMT产能则分别占比17.0%、5.2%。

## 分类

### 1、有级式变速器

有级式变速器是使用最广的一种。它采用齿轮传动，具有若干个定值传动比。按所用轮系型式不同，有轴线固定式变速器(普通变速器)和轴线旋转式变速器(行星齿轮变速器)两种。轿车和轻、中型货车变速器的传动比通常有3-5个前进档和一个倒档，在重型货车用的组合式变速器中，则有更多档位。所谓变速器档数即指其前进档位数。

### 2、无级式变速器

无级变速是指可以连续获得变速范围内任何传动比的变速系统。通过无级变速可以得到传动系与发动机工况的最佳匹配。常见的无级变速器有液力机械式无级变速器和金属带式无级变速器(VDT-CVT)。

### 3、综合式变速器

综合式变速器是指由液力变矩器和齿轮式有级变速器组成的液力机械式变速器，其传动比可

在最大值与最小值之间的几个间断的范围内作无级变化，目前应用较多。

编辑本段功能(1)改变传动比，满足不同行驶条件对牵引力的需要，使发动机尽量工作在有利的工况下，满足可能的行驶速度要求。在较大范围内改变汽车行驶速度的大小和汽车驱动轮上扭矩的大小。由于汽车行驶条件不同，要求汽车行驶速度和驱动扭矩能在很大范围内变化。例如，在高速路上车速应能达到 100km/h，而在市区内，车速常在 50km/h 左右。空车在平直的公路上行驶时，行驶阻力很小，则当满载上坡时，行驶阻力便很大。而汽车发动机的特性是转速变化范围较小，而转矩变化范围更不能满足实际路况需要。

(2)实现倒车行驶，用来满足汽车倒退行驶的需要。实现倒车行驶汽车，发动机曲轴一般都是只能向一个方向转动的，而汽车有时需要能倒退行驶，因此，往往利用变速箱中设置的倒档来实现汽车倒车行驶。

(3)中断动力传递，在发动机起动，怠速运转，汽车换档或需要停车进行动力输出时，中断向驱动轮的动力传递。

(4)实现空档，当离合器接合时，变速箱可以不输出动力。例如，可以保证驾驶员在发动机不熄火时松开离合器踏板离开驾驶员座位。

构成变速箱由变速传动机构和变速操纵机构两部分组成。变速传动机构的主要作用是改变转矩和转速的数值和方向；操纵机构的主要作用是控制传动机构，实现变速器传动比的变换，即实现换档，以达到变速变矩。

结构特点简单式变速器效率高、构造简单使用方便优点多但档数少， $i$  变化范围小(牵引力、速度范围小)，只宜在档数不多的某些车工采用。若增加  $i$  的范围，则使变速器尺寸加大，轴跨度增加，为了既增加档数又不使轴跨度过大，可采用组成式变速器。所谓组成式变速器，通常由两个简单式变速器组合而成，其中档数较多的称为主变速器，较少的称为副变速器。

原理机械式变速箱主要应用了齿轮传动的降速原理。简单的说，变速箱内有多组传动比不同的齿轮副，而汽车行驶时的换档行为，也就是通过操纵机构使变速箱内不同的齿轮副工作。如在低速时，让传动比大的齿轮副工作，而在高速时，让传动比小的齿轮副工作。

## 分类

1. 按传动比的变化方式划分，变速器可分为有级式、无级式和综合式三种。 变速器操作装置及动力传动

(a)有级式变速器：有几个可选择的固定传动比，采用齿轮传动。又可分为：齿轮轴线固定的普通齿轮变速器和部分齿轮(行星齿轮)轴线旋转的行星齿轮变速器两种。

(b)无级式变速器：传动比可在一定范围内连续变化，常见的有液力式，机械式和电力式等。

(c)综合式变速器：由有级式变速器和无级式变速器共同组成的，其传动比可以在最大值与最小值之间几个分段的范围内作无级变化。

2. 按操纵方式划分，变速器可以分为强制操纵式，自动操纵式和半自动操纵式三种。

(a)强制操纵式变速器：靠驾驶员直接操纵变速杆换档。

(b)自动操纵式变速器：传动比的选择和换档是自动进行的。驾驶员只需操纵加速踏板，变速器就可以根据发动机的负荷信号和车速信号来控制执行元件，实现档位的变换。

(c)半自动操纵式变速器：可分为两类，一类是部分档位自动换档，部分档位手动(强制)换档；另一类是预先用按钮选定档位，在踩下离合器踏板或松开加速踏板时，由执行机构自行换档。

### 检修变速器齿轮的检修

变速器齿轮经常处在不断变化的转速，负荷下进行工作，齿轮齿面又受到冲击载荷的冲击，致使齿轮(特别是齿面)产生损伤。常见损伤有：

(1)齿轮磨损 变速器齿轮在正常工作条件下，齿面呈现出均匀的磨损，要求沿齿长方向磨损不应超过原齿长的百分之30；齿厚不应超过0.40；齿轮啮合面积不低于齿面的3分之2；运转齿轮啮合间隙一般应为0.15-0.26mm，使用限度为0.80mm；接合齿轮啮合间隙应为0.10-0.15mm，使用限度为0.60mm。可用百分表或软金属倾轧法测量。如果超过间隙，应成对更换。

(2)齿轮轮齿破碎 轮齿破碎，主要是由于齿轮啮合间隙不符合要求，轮齿啮合部位不当或工作中受到较大的冲击载荷所致。若轮齿边缘有不大于2mm的微小破碎，可用油石修磨后继续使用；若超过这个范围或有3处以上微小破碎，则应成对更换。

(3)常啮合齿轮端面磨损 常啮合的斜齿端面应有10-0.30mm的轴向间隙，以保证齿轮良好运转，若齿端磨损起槽，可磨削修复，但磨削量应不超过0.50mm。

(4)常啮合齿轮轴颈，滚针轴承及座孔磨损 成啮合齿轮座孔与滚针轴承及轴颈三者配合间隙应为0.01-0.08mm，否则应予更换

变速器壳体是变速器总成的基础件，用以保证变速器中各零件的正确位置，工作中承受一定的载荷。常见损伤有：

(1)轴承座孔的磨损 壳体的轴承座孔磨损会破坏其与轴承的装配关系，直接影响变速器输入，输出轴的相对位置。轴承与座孔的配合间隙应为0-0.03mm，最大使用极限为0.10mm。否则应更换壳体或承孔镶套修复。

(2)壳体螺纹孔的修复 注油罗塞孔，放油螺塞孔的螺纹损伤以及壳体之间连接螺栓 变速器工作原理

螺纹孔的损伤，可采取镶螺塞修复。

### 变速器轴的检修

变速器在工作过程中，各轴承受着变化的扭转力矩，弯曲力矩作用，键齿部分还承受着挤压，冲击和滑动摩擦等载荷。各轴的常见损伤有：

(1)轴颈磨损 轴颈磨损过大，不但会使齿轮轴线偏移，而且会带来齿轮啮合间隙的改变，造成传动时发出噪声。同时也使轴颈与轴承配合关系受到破坏，运转可能引起烧蚀。因此要求滚子轴承所在过盈配合处轴颈磨损不大于0.02mm，滚针轴承配合处轴颈磨损不大于0.07mm，否则应更换或镀铬修复。

(2)键齿磨损 键齿磨损在受力一侧较为严重。可与花键套配合检查，当键齿磨损超过0.25或与原键槽配合间隙超过0.40mm时，齿轮的接合齿圈，结合套与键齿周配合间隙大于0.30mm时，半圆键与轴颈键槽间隙超过0.08mm时对键齿周或有键槽的轴应修复或更换。

(3)变速器轴弯曲检修 用顶针顶住变速器轴两端的顶针孔，利用百分表检查轴的径向跳动，其偏差应小于0.10mm。超过应进行压力校正修复。

### 同步器的检修

a.锁环式惯性同步器的检修：锁环的锥面角 $\alpha$ 约为6度-7度，在使用中，锥角变形中增大而不能迅速同步，则应及时更换。

b.锁销式惯性同步器：锁销式同步器主要损伤为锥环，锥盘磨损，当锥环斜面上0.40mm深的螺纹槽磨损至0.10mm深时，应更换。若锥环端面有擦痕，则需要端面车削，但累计车削两不得大于1mm，否则应更换。

### 故障处理变速器异响现象

变速器异响是指变速器工作时发出的不正常的响声。

原因 1) 齿轮异响 齿轮磨损过甚变薄, 间隙过大, 运转中有冲击; 齿面啮合不良, 如修理时没有成对更换齿轮。新、旧齿轮搭配, 齿轮不能正确啮合; 齿面有金属疲劳剥落或个别齿损坏折断; 齿轮与轴上的花键配合松旷, 或齿轮的轴向间隙过大; 轴弯曲或轴承松旷引起齿轮啮合间隙改变 2 轴承响 轴承磨损严重; 轴承内(外)座圈与轴颈(孔)配合松动; 轴承滚珠碎裂或有烧蚀麻点 3 其他原因 发响如变速器内缺油, 润滑油过稀、过稠或质量变坏; 变速器内掉入异物; 某些紧固螺栓松动; 里程表软轴或里程表齿轮发响等故障诊断与排除 ① 变速器发出金属干摩擦声, 即为缺油和油的质量不好。应加油和检查油的质量, 必要时更换 ② 行驶时换入某档若响声明显, 即为该档齿轮轮齿磨损; 若发生周期性的响声, 则为个别齿损坏 ③ 空档时响, 而踏下离合器踏板后响声消失, 一般为一轴前、后轴承或常啮合齿轮响; 如换入任何档都响, 多为二轴后轴承响 ④ 变速器工作时发生突然撞击声, 多为轮齿断裂, 应及时拆下变速器盖检查, 以防机件损坏 ⑤ 行驶时, 变速器只有在换入某档时齿轮发响, 在上述完好的前提下, 应检查啮合齿轮是否搭配不当, 必要时重新装配一对新齿轮。此外, 也可能是同步器齿轮磨损或损坏, 应视情况修复或更换 ⑥ 换档时齿轮相撞击而发响, 则可能是离合器不能分离或离合器踏板行程不正确、同步器损坏、怠速过大、变速杆调整不当或导向衬套紧等。遇到这种情况, 先检查离合器能否分离, 再分别调整怠速或变速杆位置, 检查导向衬套与分离轴承配合的松紧度。

#### 变速器漏油现象

变速器周围出现齿轮润滑油, 变速器齿轮箱的油量减少, 则可判断为润滑油泄漏。原因及排除方法 ① 润滑油选用不当, 产生过多泡沫, 或润滑油量太多, 此时需更换润滑油或调节润滑油 ② 侧盖太松, 密封垫损坏, 油封损坏, 密封和油封损坏应更换新件 ③ 放油塞和变速器箱体及盖的固定螺栓松动, 应按规定力矩拧紧 ④ 变速器壳体破裂或延伸壳油封磨损而引起的漏油, 必须更换 ⑤ 里程表齿轮限位器松脱破损, 必须锁紧或更换; 变速杆油封漏油应更换油封。单向离合器损坏失效后, 液力变矩器就没有了转矩放大的功用, 将出现如下故障现象: 车辆加速起步无力, 不踩加速踏板车辆不走, 但车辆行驶起来之后换挡正常, 发动机功率正常, 如果作失速试验会发现失速转速比正常值低 400~800rpm。

锁止离合器的常见故障有不锁止和常锁止。不锁止的现象是车辆的油耗高、发动机高速运转而车速不够快。具体检查时要相应检查电路部分、阀体部分以及锁止离合器本身常锁止的现象是发动机怠速正常, 但选档杆置于动力档(R、D、2、L)后发动机熄火, 锁止离合器的检查需要将液力变矩器切开后才能进行, 但这只能由专业的自动变速器维修站来完成

3. 其它检修项目 1 检查液力变矩器的外部; 目视检查液力变矩器的外部有无损坏和裂纹, 油泵驱动毂外径有无磨损、缺口有无损伤。如有异常应更换液力变矩器 2 液力变矩器的清洗 当自动变速器曾有过热现象或 ATF 油被污染后, 应该清洗液力变矩器。清洗液力变矩器可以采用专用的冲洗机进行, 也可以手工清洗, 方法是加入干净的 ATF 油, 用力摇晃、振荡液力变矩器, 然后排净油液, 反复进行这样的操作, 直到排出的油液干净为止。液力变矩器内部干涉的检查 液力变矩器内部干涉主要指导轮和涡轮、导轮和泵轮之间的干涉。如果有干涉, 液力变矩器运转时会有噪声。导轮和涡轮之间的干涉检查如图 1-110 所示。将液力变矩器与飞轮连接侧朝下放在台架上, 然后装入油泵总成, 确保液力变矩器油泵驱动毂与油泵主动部分接合好。把变速器输入轴(涡轮轴)插入涡轮轮毂中, 使油泵和液力变矩器保持不动, 然后顺时针、逆时针反复转动涡轮轴, 如果转动不顺畅或有噪声, 则更换液力变矩器。导轮和泵轮之间的干涉检查如图 1-111 所示, 将油泵放在台架上, 并把液力变矩器安装在油泵上, 旋转液力变矩器使液力变矩器的油泵驱动毂与油泵主动部分接合好, 然后固定住油泵并逆时针转动液力变矩器, 如果转动不顺畅或有噪声, 则更换液力变矩器。

(1) 如果 C1 故障, 则自动变速器没有前进档, 即将选档杆置于 D 位、2 位或 L 位时车辆都无法起步行驶。但对于倒档没有影响

- (2)如果 C2 故障，则自动变速器没有三档，倒档也将没有
- (3)如果 B2 或 F1 故障，则自动变速器没有 D 位二档，但对于二位二档没有影响
- (4)如果 B3 故障，则自动变速器没有倒档
- (5)如果 F0 故障，则自动变速器三档升四档时会产生换档冲击。这是由于三档升四档时，相当于由 C0 切换到 B0，但 C0、B0 有可能同时不工作。此时负荷的作用将使超速行星排的齿圈不动，如果没有 F0，在行星架的驱动下太阳轮将顺时针超速转动，当 B0 工作时产生换档冲击
- (6)如果 F2 故障，则自动变速器没有 D 位一档和二位一档，但对于 L 位一档没有影响 7)换档时，单向离合器是自动参与工作的，所以只考虑离合器 and 制动器的工作即可。D1 档升 D2 档是 B2 工作，D2 升 D3 档是 C2 工作，D3 和 D4 互换，相当于 C0 和 B0 互换 8)如果某档位的动力传动路线上有单向离合器工作，则该档位没有发动机制动。

离合器打滑原因；离合器鼓、花键毂、离合器片、压盘等是否磨损严重、变形，回位弹簧是否断裂、弹性不足，单向球阀是否密封良好等。间隙过大会使换档滞后、离合器打滑

3)制动器检修：检查制动带是否破裂、过热、不均匀磨损、表面剥落等情况，如果有任何一种，制动带都应更换。检查制动鼓表面是否有污点、划伤、磨光、变形等缺陷。制动器装配后要调整工作间隙，原因与离合器间隙的调整是一样的。方法是：将调整螺钉上的锁紧螺母拧松并退回大约五圈，然后用扭力扳手按规定转矩将调整螺钉拧紧，再按维修手册的要求将调整螺钉退回一定圈数，最后用锁紧螺母紧固。

#### 变速器跳挡

电动汽车在某挡行驶过程中，急速踩下油门踏板或电动汽车受到冲击时，变速杆自行调回空挡，滑动齿轮脱离啮合位置，使动力传递中断，即为掉挡。此现象常发生在中、高速的负荷突然变化，或电动汽车振动时，一般高速掉挡的居多。尽管嗷嗷弄货车变速器设置了预防掉挡的自锁装置，但经长期使用，由于齿轮磨损形成锥形，啮合时产生轴向力，加之工作过程振抖、转速变化，迫使啮合齿轮沿变速器轴向脱开。因此磨损超限便有可能工作失效而产生掉挡。这是一种比较危险的故障之一，例如电动汽车重载上坡，行驶中若出现掉挡故障时，电动汽车即可减速，当驾驶员采取制动时，电动汽车滑行，很容易滑到路边掉进沟而翻车。变速器跳挡具体表现为：变速器齿轮或齿套磨损过量，沿齿长方向磨成锥形；拨叉轴凹槽及定位球磨损，以及定位弹簧过软或折断，使自锁装置失效；变速器轴、轴承磨损松旷或轴向间隙过大，使轴转动时齿轮啮合不好发生跳动和轴向窜动；操纵机构变形松旷，使齿轮在齿长位置啮合不足等原因。电动汽车在行驶中，变速器内轴承或齿轮、齿套严重磨损松旷；第二轴花键和滑动齿轮的花键磨损过甚而松旷；第二轴与中间轴上止动卡环折断或松脱，引起齿轮的前后窜动；电动汽车变速叉弯曲或叉端工作面过度磨损；叉轴上的定位槽座磨损、导块凹槽磨旷、变速叉轴定位弹簧过弱或折断；同步器锁销松动、散架或滑动齿套长度磨蚀严重；变速器壳轴承孔中心线不同心等，都会引起自动跳回空挡位置。

#### 变速器跳挡处理

当发现某档掉挡时，仍将变速杆推入该档，然后拆下变速器盖，察看齿轮啮合情况。若齿轮啮合良好，则故障在换档机构。用手推动跳档的换档叉试验其定位装置。如果定位不良，需拆下换档叉轴，检验定位球及弹簧。如果齿轮未完全啮合，用手推动掉档的齿轮或齿套，能正确啮合，应检查换档叉是否弯曲或磨旷，换档叉固定螺丝有无松脱，叉端与齿轮槽间隙是否过大。若是换档良好，而齿轮或齿套又能完全啮合时，应检查齿轮是否磨成锥形、轴承是否松旷、变速轴是否前后移动。

根据上述检查所发现的问题，按标准修复，如必要时更换新件，才能彻底消除变速器乱档和掉挡故障。另外，变速器在工作过程中，各轴承受着变化的扭转力矩，弯曲力矩作用，健齿

部分还承受着挤压，冲击和滑动摩擦等载荷，会造成各轴的损伤。

变速器潍柴集团拥有重型卡车、动力系统和汽车零部件三大业务平台，其变速箱产品为国内外 50 多个厂家的上千种车型配套，并出口美国、德国、日本、澳大利亚、白俄罗斯、南美、东南亚、中东等十几个国家和地区，拥有“法士特变速器”、“株洲齿轮”品牌。法士特变速器还荣获“中国驰名商标”称号。

依靠科技进步和自主创新，法士特公司已形成年产销汽车变速器 100 万台、齿轮 5000 万只和汽车锻件 10 万吨的综合生产能力。汽车变速器产品在 4 档—16 档市场领域实现了全方位覆盖，广泛匹配于输入扭矩 300—3000 牛米、载重量 2 吨—60 吨之间的重型车、大客车、中轻型卡车、工程用车和低速货车等各种车型，被国内 50 多家主机厂的上千种车型选为定点配套产品。法士特变速器在国内 8 吨以上重型汽车配套市场占有率 78%，15 吨以上配套市场占有率超过 90%，重型变速器产销量世界第一。

法士特公司科研力量雄厚，拥有专利 40 多项，多款变速器产品荣获中国汽车工业科技进步奖、中国齿轮行业“优秀新产品特等奖”和“陕西省科学技术奖”。创新开发的拥有自主知识产权和高技术含量的双中间轴变速器已达到 30 多个系列数百个品种。

法士特公司设备精良，拥有国际先进的现代化锻造生产线、数控机加工生产线、热处理生产线、装配生产线以及高效精密的计量、检测、试验手段，为变速器产品的高质量提供了可靠的保证。变速器已经成为潍柴集团打造的“重型卡车黄金产业链”上重要的一环。